

物理破碎效果的原理

郑毅

2016.06.12 10:20

1732

18

2

查看原文

本文仅面向以下用户开放，请注意内容保密范围

查看权限：互娱正式-公开

“介绍物理破碎系统与物理引擎的交换方式，破碎系统是如何切割刚体，在制作破碎模型时，常用的方法等。”

破碎效果是物理引擎的重要应用。在一些游戏大作中，破碎效果极大的增强了打击感和震撼力，是3A作品不可或缺的特性。一些游戏甚至以破碎效果为主要玩法之一，例如《彩虹六号：围攻》。本文将要介绍破碎的基本原理和几种常见破碎效果的制作方法。

1、物理破碎的基本原理

在真实世界中，物体受到冲击时，如果冲击的能量过大，那么物体会碎裂成若干小块。在游戏中，利用物理引擎来模拟这个过程，就能得到逼真的物理破碎效果。

物理引擎中，破碎效果的模拟，往往会作为一个比较独立的系统。这是因为物理引擎一般是模拟刚体的运动。刚体是理想化的模型，它不会因碰撞发生形变，更加不会破碎。所以，破碎过程的模拟，就不能把物体作为刚体，而应该有一套独立的系统——破碎系统。

破碎系统需要解决的核心问题，是如何把一个刚体变为若干个其它刚体，也就是碎片。一般的做法是，物理引擎模拟物体的撞击，当撞击发生时，物理引擎计算出撞击的位置和冲量，将这些信息交给破碎系统，破碎系统判定是否破碎，如果破碎，用碎片去代替原来的刚体。然后，破碎系统将控制权交给物理引擎，由物理引擎继续模拟碎片的运动。

一个刚体破碎成若干的刚体，需要两个方面的计算：刚体质量属性的计算和刚体形状的切割。

1.1、刚体质量属性的计算

在将一个刚体分解为若干个碎片刚体的时候，需要计算碎片刚体的质量、转动惯量和重心。这三个物理量合在一起，称作刚体的质量属性。质量属性是计算模拟刚体运动的重要物理量。当一个刚体受到外力作用时，其加速度由下面的公式计算得到。

$$\vec{a} = \frac{\vec{f}}{m}$$

其中m是刚体的质量，f是外力。当外力没有经过刚体的重心时，会产生一个力矩，改变刚体的角加速度，如下面的公式所示：

$$M_{cg} = I\vec{\alpha}$$

加速度和角加速度是物理模拟过程中重要的变量，它们决定了刚体的移动和旋转。为了是碎片的运动模拟真实，必须正确的计算这些量。

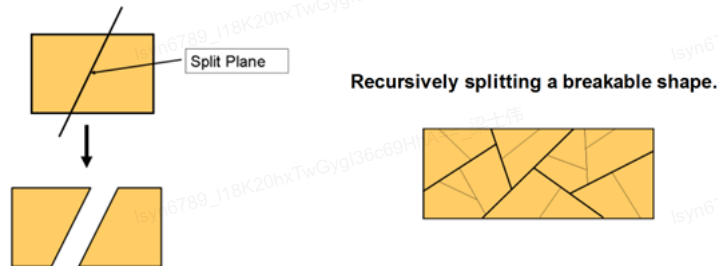
一般破碎系统假设物体的密度是均匀的，因而当一个刚体变为若干个碎片刚体后，会计算碎片刚体的形状，然后根据形状和体积，来计算质量、转动惯量和重心。根据体积计算这三个物理量的公式如下所示：

$$\left[\int (xz) \, dm \quad \int (yz) \, dm \quad \int (x^2 + y^2) \, dm \right]$$

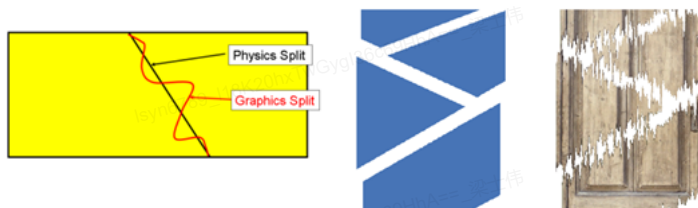
1.2、刚体形状的切割

物理引擎中，碰撞检测的运算量是非常大的。为了减少运算量，运动的刚体一般用简单的几何形状来表示，比如球，立方体，胶囊体，凸包等。只有静态物体，才会用三角网面来表示。当然，少数碰撞优化比较好的物理引擎，也会允许用三角网面来表示运动的物体。

在刚体形状切割的时候，破碎系统一般用一个平面来切割物体。递归这个过程，能得到非常丰富的切割效果。如下图所示。



使用平面来切割刚体的形状，计算较简单，同时有利于生成的结果也是简单的形状。简单的刚体形状，有利于计算刚体的质量属性。但是，如果对用于渲染的形状，也只是用平面来切割，那么效果不会很好。所以，破碎系统除了要切割刚体的形状外，还要切割用于渲染的形状。切割渲染形状的面，可以在切割刚体的面上，增加一些细节，同时带上纹理和uv坐标，用于产生切割面的材质。如下图所示。左边是物理切割面和渲染切割面。中间是刚体的切割，右边是渲染形状的切割。由于渲染形状的面数可以比刚体的形状更多，因而能用更丰富的细节来表现切面。

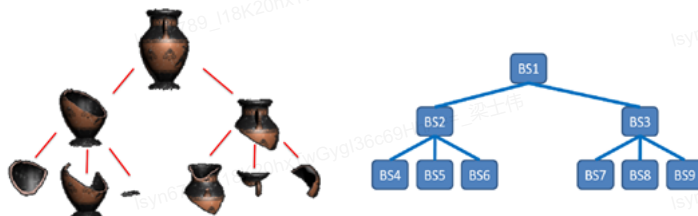


2、运行时切割和预切割

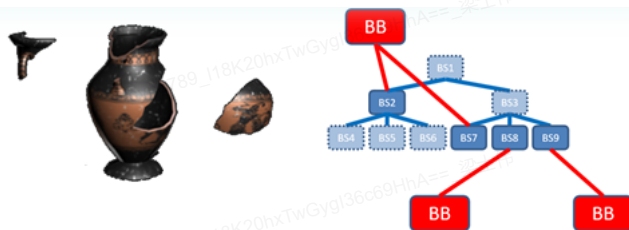
对于一个破碎系统而言，在什么时候计算碎片，一般会提供两种选择：一种是在游戏运行时的时候做，生成符合当时条件的切割；一种是在资源制作的时候制作，在游戏运行时根据预先设定好的切割来分割。前一种方法可以根据情况生成不同的碎片，比较接近真实世界的情况。但是运算量也非常大，容易引起游戏的卡顿。一般只有做比较简单的切割时，才会使用。例如模拟刀切竹子的效果。

第二种方案在运行时比较节省运算量，缺点是分割的结果比较固定，和真实情况有一定的差距。但是第二种方案也有一些手段，使得分割的种类数变多，可以根据游戏的情况，来选择一种最接近的分割方案，来获得较好的效果。

这种方案的原理如下图所示，先按照破碎层级来组成一个树状结构。在这个结构中，父节点碎成子节点。子节点可以继续破碎。根据需要，来设定破碎的层级。



当一个破碎条件触发时，根据触发点的位置和冲量大小，来决定破碎的程度。同时将相邻的子节点粘合在一起。这样来获得一个最接近真实情况的分割。以上图中的例子，我们可以组合出下图中的几种情况。



上面仅给出了几种分割的例子。全部的分割种类数远远多于树的层数和节点数，因而可以用很少的代价，模拟非常多的破碎情况。是比较常用的一种方法。

3、几种常见破碎物体的制作方案

前面介绍了破碎模拟的基本原理。运用这些原理，就可以制作简单的破碎物体。放入游戏中，当有力作用上去，或者被其它物理碰到时，那么它们就破碎。但是，在游戏中，有一些比较特殊的物体，需要特殊处理。比如，有些可以破碎的物体，是场景中的固定组件。例如一个柱子，它在场景中是固定的，不会被玩家推动，只有当受到了很大的冲击的时候，才会破碎。而且，破碎以后，柱子的底座应该还是和场景的地面固定的。对于这种场景中的静态物体，需要有一些特殊的处理。

另外一个例子就如下图中所示的木质脚手架。在破碎的时候，应该是木头的



连接处断开，而不需要对脚手架做整体的切割。

3.1、场景中静态物体的破碎制作

在物理引擎中，刚体分为静态和动态两种。静态的刚体会忽略其受到的所有外力，永远保持静止。一般，场景里的大多数物体都会设置为静态，以防止它们被其它物体击中而发生位置上的变化。

但在某些需求下，希望场景里的静态物体可以被击中破碎。破碎后，碎片可以运动。这时，除了按照上述的原理制作这样的破碎物体外，还需要进行一些特殊处理。

这种物体，一般被设置为静态，只有当破碎以后，才会将其碎片设置为动态，进行动力学的模拟。在静态状态下，物体对于受到的外力，只判断其是否会导致自己破碎，而不进行动力学的模拟计算。

同时，在破碎以后，需要判断生成的碎片，是否应该继续附着在场景中。以柱子为例，破碎后，下半部分的碎片与地面接触，按照经验，应该继续保持静态属性不变，才符合真实的情况。

3.2、结构物体的破碎制作

对于像脚手架这样的结构性物体，一般希望受到冲击时，物体的基本原件之间分离，然后掉下来。对于这种物体，按照刚体切割的方法是不合适的。一般是将每个木头当做一个刚体，然后用物理引擎中的约束，把这些刚体组合在一起。当受到冲击时，计算会断开的约束，并去掉它们，这样就可以达到想要的效果。

当然，如果为了让破碎效果更好，对于每个木头，可以用刚体分割的方法，做进一步的处理。这样，既有木头一根一根掉落的效果，又用当击太大时，木头断掉的效果。

4、破碎系统和引擎其它系统的关联

游戏引入破碎系统后，除了要考虑上面的问题外，还要注意破碎系统和引擎其它模块的配合。其中最重要的就是渲染部分。一般，破碎系统和渲染的耦合度比较高。在游戏制作和运行时都需要渲染系统的配合。

以预切割方案为例。在制作的过程中，有破碎效果的模型，需要额外的碎片模型和切面材质的制作。在破碎发生时，需要添加和删除一些渲染的模型。一般，为了减少渲染的drawcall，会把碎片和模型制作作为一个带蒙皮的模型。用物理引擎运算的结果，来驱动这个模型各个骨骼的运动。



快来成为第一个打赏的人吧~

全部评论2



请输入评论内容

还可以输入 500 个字



(可添加1个视频+5张图片)

☐ 匿名

评论

最热 最新



匿名

2楼



2018-11-30 10:05

回复 0



匿名

1楼



2016-07-19 10:20

回复 0

加载完毕,没有更多了



Share us
your growing

常用链接

易协作
OA

会议预定
文具预定

游戏部IT资源
易网

网易POPO
工作报告



POPO服务号



KM APP下载

平台用户协议 帮助中心

红